

## **RÉSUMÉ**

de la thèse de doctorat intitulée:

### **ÉCO-EFFICIENCE DANS LA PRODUCTION ET L'APPLICATION DE BIOSTIMULANTS MICROBIENS POUR LES SYSTÈMES D'AGRICULTURE DE CONSERVATION**

Doctorant: **ZAMFIROPOL CRISTEA Valentin**

Coordinateur scientifique: **C.S.I Dr. Habil. OANCEA Florin**

**MOTS-CLES:** *biostimulants microbiens, Trichoderma, optimisation,  
agriculture de conservation, éco-efficacité, bioraffinage*

L'article explore l'éco-efficacité de la production et de l'utilisation des biostimulants microbiens dans les systèmes d'agriculture de conservation, à travers une analyse comparative des systèmes agricoles conventionnels et biologiques. La section introductive fournit un aperçu de l'état actuel de la recherche sur les pratiques en agriculture de conservation, reconnue comme un système de culture durable. En appliquant les trois principes clés de l'agriculture de conservation — perturbation minimale du sol (culture sans labour), couverture permanente du sol (paillage) et rotations de cultures diversifiées — les recherches ont montré que l'agriculture de conservation peut offrir de multiples avantages par rapport aux systèmes conventionnels et biologiques. Ces bénéfices comprennent la diminution de l'érosion des sols, l'amélioration de l'accès à l'eau, la capture du carbone, la mitigation des changements climatiques et la rentabilité durable des exploitations agricoles. Les avantages et les meilleures pratiques concernant l'utilisation du paillage et de la couverture du sol sont également explorés, soulignant leur rôle dans la préservation de l'eau, la lutte contre les mauvaises herbes, la régulation de la température du sol et le recyclage des nutriments. Toutefois, des défis tels que la gestion des mauvaises herbes et des ravageurs, les baisses initiales de rendement et le besoin d'équipements spécialisés sont également discutés.

L'étude poursuit en explorant les deux systèmes agricoles (conventionnel et biologique) en comparaison avec l'agriculture de conservation, en analysant les principaux avantages et inconvénients associés à chacun. Il est noté que l'agriculture traditionnelle, historiquement caractérisée par un labour intensif, la

monoculture et une utilisation extensive d'engrais et de pesticides synthétiques, a grandement contribué à la production alimentaire mondiale. Cependant, ses pratiques suscitent des inquiétudes quant à la santé des sols, à la perte de biodiversité, à la pollution de l'eau et aux émissions de gaz à effet de serre en raison de la dépendance aux intrants externes et aux méthodes intensives. En revanche, l'agriculture biologique favorise la santé des sols grâce à des pratiques telles que la rotation des cultures, les plantes de couverture et le compostage, en s'appuyant sur des techniques de lutte biologique contre les nuisibles agricoles, qui ont montré des améliorations de la qualité des sols, notamment l'enrichissement de la biodiversité et une réduction de l'impact environnemental. En même temps, l'agriculture biologique fait face à des défis tels que des rendements réduits, des coûts de travail plus élevés et un accès restreint aux marchés, en particulier pour les petits agriculteurs.

L'étude se poursuit par un examen de la littérature scientifique sur les biostimulants. Les résultats scientifiques montrent que les biostimulants peuvent être dérivés de diverses sources, y compris des extraits d'algues, des hydrolysats de protéines, des substances humiques et des microorganismes bénéfiques comme *Trichoderma*. Les biostimulants microbiens sont décrits comme des produits incluant des organismes avantageux, comme *Trichoderma*, un genre de champignons reconnu pour favoriser la croissance des plantes et lutter contre les maladies. Ces biostimulants optimisent l'utilisation des nutriments, augmentent la résistance au stress et améliorent la qualité des récoltes. Des découvertes récentes indiquent également que ces microorganismes améliorent la croissance et la santé des cultures par des mécanismes tels que la solubilisation et la mobilisation des nutriments, la production de phytohormones, la biocontrôle et l'augmentation de la tolérance aux facteurs de stress biotiques et abiotiques. De plus, les biostimulants microbiens ont démontré un potentiel pour améliorer les rendements, l'absorption des nutriments et la résistance au stress, y compris la résistance à la sécheresse et aux maladies.

Dans la section finale de l'examen de recherche, l'analyse technique et économique ainsi que l'évaluation du cycle de vie (ACV) sont introduites et analysées comme des outils essentiels pour évaluer la durabilité des systèmes agricoles. L'étude décrit les étapes impliquées dans la réalisation des analyses technico-économiques et des ACV pour les systèmes d'agriculture de conservation, en mettant en lumière des exemples tirés de la littérature qui soulignent la nécessité d'une approche combinée pour évaluer la rentabilité économique et l'impact environnemental. Les principales conclusions des études scientifiques identifiées sont discutées, mettant en évidence les bénéfices économiques et écologiques de l'utilisation des biostimulants en agriculture et les compromis à considérer.

D'après la revue de la littérature, trois objectifs principaux ont été identifiés pour les recherches futures dans la deuxième partie de l'examen, qui se concentre sur la recherche originale :

- Optimisation des processus de production de biostimulants microbiens et leur intégration dans les procédés de bioraffinage ;
- Rôle des composés produits par les biostimulants microbiens (polyphénols et exsudats racinaires) ;
- Éco-efficacité de la fabrication et de l'utilisation des biostimulants microbiens dans l'agriculture de conservation.

La recherche originale fournit des preuves de l'effet bénéfique des biostimulants microbiens sur le rendement et la qualité des tomates, médié par leur influence sur la production de polyamines. L'utilisation de microorganismes a entraîné à des augmentations significatives de la rentabilité commercialisable et des niveaux accrus de composés bioactifs dans les fruits de tomate. Ces résultats soulignent le potentiel des biostimulants microbiens producteurs de polyamines comme outils précieux pour une agriculture durable, favorisant la productivité et la qualité nutritionnelle des cultures. La méthode originale développée dans cette étude, qui intègre deux composants brevetés, a démontré que l'application d'éliciteurs de type oligosaccharides, libérés à partir de matériel végétal par l'action du champignon *Trichoderma asperellum* T36, induit la production de composés bioactifs dans les racines des plants de tomate, entraînant un effet biostimulant (amélioration de la résistance des plantes modèles au stress non biotique, en particulier le stress hydrique).

La section finale évalue de manière approfondie le cycle de vie de la production et de l'utilisation des biostimulants microbiens dans l'agriculture de conservation, en se concentrant sur l'éco-efficacité générée par leur impact sur les indicateurs environnementaux et la rentabilité économique. Les effets écologiques de la production de biostimulants microbiens à partir de résidus végétaux sont analysés en détail. L'évaluation souligne la compatibilité écologique de cette méthode de production, attribuant principalement les effets environnementaux à la consommation d'électricité. L'utilisation de résidus végétaux comme substrat s'aligne sur les principes de l'économie circulaire, réduisant efficacement la génération de déchets et favorisant une gestion durable des ressources en agriculture. La seconde partie de l'évaluation du cycle de vie inclut la phase d'utilisation des biostimulants dans l'agriculture de conservation. Les résultats indiquent une diminution significative de l'impact environnemental par rapport aux pratiques agricoles conventionnelles, principalement en raison de la réduction de l'emploi d'engrais et de pesticides. Cependant, l'analyse économique présente une perspective moins optimiste, suggérant une rentabilité limitée à court terme. Cela souligne la nécessité d'améliorer l'efficacité de la production et de développer des stratégies de commercialisation efficaces pour assurer la viabilité économique de l'utilisation des biostimulants dans l'agriculture de conservation.

Les bénéfices environnementaux rapportés de la production de biostimulants à partir de résidus végétaux pourraient être renforcés par l'exploration de sources d'énergie renouvelables pour alimenter le processus de production (par exemple, des pratiques agrovoltaïques). Cela réduirait encore l'incidence environnemental lié à la

production d'électricité, rendant le système de production encore plus durable. L'exploration de voies à valeur ajoutée pourrait également améliorer la rentabilité économique de la fabrication et de l'utilisation de biostimulants microbiens en agriculture de conservation. Cela pourrait inclure le développement de nouvelles formules de biostimulants offrant des avantages multiples, tels qu'une meilleure efficacité d'utilisation des nutriments, une tolérance accrue au stress et une résistance aux maladies. Ainsi, des produits agricoles de meilleure qualité et de nouveaux biostimulants multifonctionnels pourraient être vendus à des prix premium, améliorant ainsi la rentabilité.

L'évaluation du cycle de vie fournit des informations précieuses sur la durabilité économique et environnementale de la production et de l'application des biostimulants microbiens sur l'agriculture de conservation. Les résultats soulignent l'éco-efficacité de la fabrication et de l'utilisation des biostimulants microbiens, qui ont un potentiel significatif pour contribuer à une agriculture plus durable.